

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: **09232627 A**(43)Date of publication of  
application: 05. 09 . 97(51)Int. Cl **H01L 33/00**(21)Application number: **08037700**(22)Date of filing: **26 . 02 . 96**(71)Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND  
CO LTD**(72)Inventor: **TAKEISHI HIDEMI  
BAN YUZABURO  
KIDOGUCHI ISAO  
ISHIBASHI AKIHIKO**

(54)WHITE LIGHT EMITTING DEVICE

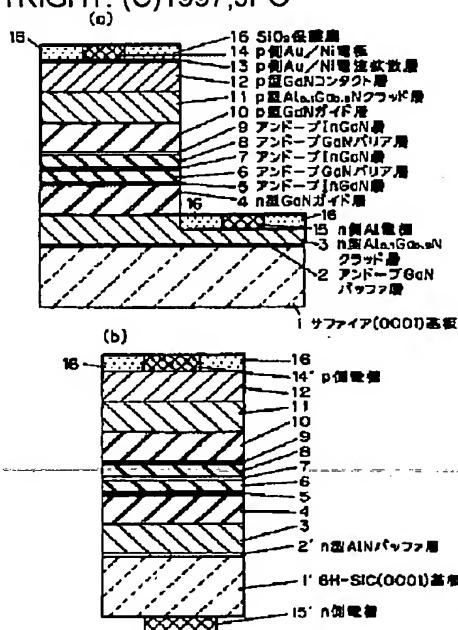
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a white  
LED of high purity and reliability.

SOLUTION: An GaN buffer layer 2, an N-type  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  clad layer 3, an N-type GaN guide layer 4, an undoped  $\text{In}_{0.26}\text{Ga}_{0.74}\text{N}$  active layer 5, an undoped GaN barrier layer 6, an undoped  $\text{In}_{0.46}\text{Ga}_{0.54}\text{N}$  active layer 7, an undoped GaN barrier layer 8, an undoped  $\text{In}_{0.89}\text{Ga}_{0.11}\text{N}$  active layer 9, a P-type GaN guide layer 10, a P-type  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  clad layer 11, a P-type GaN contact layer 12, and a P-type current diffusion layer 13 are successively laminated on a sapphire substrate 1. The three active layers different from each other in band gap energy are provided. Light rays emitted from the active layers are light of three primary colors, red light, green light, and blue light ranging in this sequence from the substrate 1, and only

white light is emitted from the surface of an  
LED chip. In result, a white LED of high  
purity and reliability can be realized.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-232627

(43)公開日 平成9年(1997)9月5日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平8-37700

(22)出願日 平成8年(1996)2月26日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 武石 英見

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 伴 雄三郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 木戸口 勲

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

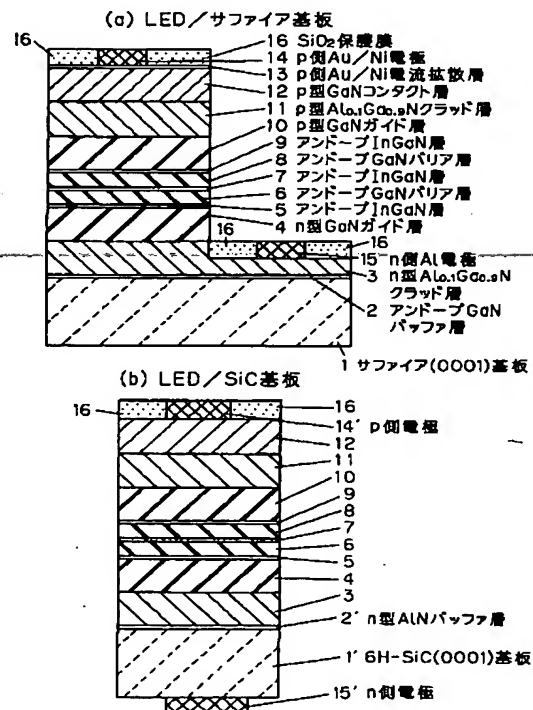
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 白色発光素子

(57)【要約】

【課題】 高純度かつ高信頼性の白色LEDを提供する。

【解決手段】 サファイア基板1上にn型GaNバッファ層2、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層3、n型GaNガイド層4、アンドープIn<sub>0.26</sub>Ga<sub>0.74</sub>N活性層5、アンドープGaNバリア層6、アンドープIn<sub>0.46</sub>Ga<sub>0.54</sub>N活性層7、アンドープGaNバリア層8、アンドープIn<sub>0.89</sub>Ga<sub>0.11</sub>N活性層9、p型GaNガイド層10、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層11、p型GaNコンタクト層12、p型電流拡散層13の各層を順次積層する。バンドギャップエネルギーの異なる3層の活性層が形成されている。活性層のそれぞれの活性層より得られる発光は、基板側から、赤、緑、青の3原色であり、LEDチップ表面からは白色光のみが得られる。その結果、高純度かつ高信頼性の白色LEDを実現可能とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、前記基板上に形成した活性層と、前記活性層の両側に形成したバリア層とを備え、前記バリア層は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) であり、前記活性層は、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) で構成されており、前記活性層は、バンドギャップエネルギーの異なる少なくとも3層で構成され、前記活性層の各層のバンドギャップエネルギーが、基板に近いほど大きくなることを特徴とする白色発光素子。

【請求項2】 白色発光素子の構造は、各活性層のIn組成が異なる多重量子井戸構造をとることを特徴とする請求項1に記載の白色発光素子。

【請求項3】 基板には、6H-SiC (0001) のオフ基板を用いることを特徴とする請求項1に記載の白色発光素子。

【請求項4】 サファイア基板を用い、前記基板の裏面研磨を行う際にあたり、エピタキシャル表面にレジストをつけて硬化させることを特徴とする発光素子のエピウエハーの加工方法。

【請求項5】 両面研磨サファイア基板を用い、発光素子チップの基板側が天面、エピ側がリードフレームに装着され、ワイヤーボンディングを必要としない構造である発光素子。

【請求項6】 SiC基板またはサファイア基板を用い、発光素子チップを反射鏡にマウントする際、LEDチップを保護するため、前記反射鏡内をゾルゲル $\text{SiO}_2$ で埋めることを特徴とする発光素子の組立方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化ガリウム系の発光素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 家庭用、屋外用の照明に関しては高純度かつ高信頼性の白色光は得られておらず、信頼性でもLEDほど長寿命のものは開発されていない。GaNを用いた高輝度青色LEDの開発により、AlGaAsの赤色LED及びGaPの緑色LEDと組み合わせて屋外用フルカラーパネルディスプレイが製品化されているが、白色光を得るために少なくとも3個以上のLEDチップを必要とする。

【0003】 また、GaPの緑色LEDは発光波長が555nmで黄緑色発光、かつ輝度が数百mcdと低いためにフルカラーパネルディスプレイでは高輝度かつ高純度の白色発光が得られていない。

【0004】 さらに、赤色、青色、緑色の3色のLEDチップを樹脂モールドしたLEDで白色光を出そうとすると近距離からの単色発光が確認できない。また、樹脂に光拡散剤を使用すれば輝度が下がる。

【0005】 特開平7-183576号公報では、GaNを用いたフルカラーLEDチップの構造が提案されている。図6に示すように、サファイア基板1上にn型のAl0.23In0.66Ga0.11Nからなるクラッド層2、n型あるいはp型のIn0.89Ga0.11Nからなる活性層3、p型のAl0.23In0.66Ga0.11Nからなるクラッド層4、n型あるいはp型のIn0.63Ga0.37Nからなる活性層5、p型のAl0.23In0.66Ga0.11Nからなるクラッド層6、n型あるいはp型のAl0.13In0.63Ga0.24Nからなる活性層7、p型のAl0.23In0.66Ga0.11Nからなるクラッド層8を順次形成した発光素子である。

【0006】 この発光素子は各クラッド層に設けられた電極 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ に通電することにより、各活性層3、5、7が発光するようになっている。この方法では、発光の際に短波長が長波長に吸収されるのを避けるために、長波長側の活性層を基板側に形成している。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述の方法では基板側に形成されているクラッド層2や活性層3のIn組成が大きいため、結晶成長の初期段階で素子の結晶性が下がる。その結果、活性層3、5、7は成長初期に多く発生した欠陥転位を引き継いで結晶性が大幅に下がり、素子の信頼性に問題が発生する。

【0008】 また、前述の方法で白色光を得ようとした場合、p側で十分に電流が広がらないために電極下部で各活性層の単色発光があり、近距離では白色光と認識できないといった問題点もある。

【0009】 本発明は、上記課題を解決し、高輝度、高純度かつ高信頼性の白色光源を実現できる白色発光素子を提供することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 窒化ガリウム系半導体のバンドギャップエネルギーはAlNの6.2eVからInNの1.89eVまで広範囲にわたり、窒化ガリウム系青色LEDの活性層である $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) のxを変化させると理論的には365nmから655nmまでのバンド間発光が可能である。

【0011】 まず、白色発光素子の課題を解決するために、本発明は $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) 及び $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) から構成されている窒化ガリウム系LEDにおいて、バンドギャップエネルギーの異なる活性層を3層形成し、各活性層のバンドギャップエネルギーを基板に近い程大きくした白色発光素子である。

【0012】 また、本発明は、活性層のIn組成が異なるMQW構造をとった白色発光素子であり、活性層とバリア層の各膜厚は100Åを上限として数10Åまで含む。

【0013】 活性層の形成においては、本発明は6H-SiC基板の(0001)面のオフ基板を利用するとInの取り込めが増え、活性層のIn組成を大きくすることができることを特徴とする。特に、(0001)面の基板の面方位から、[11-20]方向へ傾斜した基板を使用するとよい。

【0014】 次に、エピウエハーの加工工程の課題を解決する方法として、本発明はサファイア基板の研磨によ

るエピ表面の機械的なダメージを緩和するために、エピ表面をレジストで塗布し、ベーク炉で硬化させて保護膜とした後で、エピ表面側をワックスでガラス板に貼り付ける方法をとる。

【0015】発光素子の組立工程の課題を解決する方法として、本発明はサファイアの両面基板を用いてLEDを作製し、LEDチップの基板側が天面、エピ側がリードフレームに装着されることを特徴とする。

【0016】また、LEDの表面酸化を防ぐために、本発明はSiC基板（ジャスト基板またはオフ基板）またはサファイア基板を用いたLEDチップを反射鏡にマウントした後、反射鏡内をチップごとゾルゲルのSiO<sub>2</sub>で埋めてしまうことを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について詳説する。

【0018】（実施の形態1）図1に発光素子の一例として、LEDの素子構造を示す。

【0019】まず、結晶成長をMOCVD法により行う。図1(a)はサファイア基板を用いた場合である。サファイア基板1上にn型GaNバッファ層2、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層3、n型GaNガイド層4、アンドープIn<sub>0.26</sub>Ga<sub>0.74</sub>N活性層5、アンドープGaNバリア層6、アンドープIn<sub>0.46</sub>Ga<sub>0.54</sub>N活性層7、アンドープGaNバリア層8、アンドープIn<sub>0.89</sub>Ga<sub>0.11</sub>N活性層9、p型GaNガイド層10、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層11、p型GaNコンタクト層12、p型電流拡散層13の各層を順次積層する。結晶成長後は、N<sub>2</sub>雰囲気中でアニールを行う。

【0020】ここでIII族原料にはTMG（トリメチルガリウム）、TMA（トリメチルアルミニウム）、TMI（トリメチルインジウム）を用い、V族原料にはNH<sub>3</sub>を用いる。また、n型ドーパントはSiで原料ガスにSiH<sub>4</sub>を用い、p型ドーパントはMgでCp<sub>2</sub>Mgを用いる。n型ドーパントは他にGe、Te、Seがあり、p型ドーパントは他にC、Zn、Ca、Srがある。

【0021】また、図1の素子構造で、バンドギャップエネルギーは活性層5で2.75eV、活性層7で2.38eV、活性層9で2.0eVである。即ち、発光波長では、活性層5は450nm、活性層7は520nm、活性層9は620nmである。

【0022】図1(a)の電極工程は次の手順に従って行う。図2のように、(1)エピタキシャル層200の全面にSiO<sub>2</sub>層16を形成する。ここでは、基板は省略している。(2)p側電流拡散層13が形成されている部分をフォトリソグラフィーでパターニングして選択的にレジスト202を形成する。(3)パターニングされたSiO<sub>2</sub>を除去し、(4)Au/Ni203を蒸着、(5)リフトオフを行い、p側電流拡散層以外のAu/Ni203及びレジスト202を除去する。

【0023】次に、(6)SiO<sub>2</sub>除去、(7)SiO<sub>2</sub>204を全面に蒸着、(8)エピのエッチング部分をフォトリソ

グラフィーでパターニング、(9)エピのエッチング部分のSiO<sub>2</sub>を除去、(10)レジスト除去、(11)ECR-REBEまたはRIEによって結晶をn型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層までエッチング、(12)SiO<sub>2</sub>除去、(13)エピ全面にSiO<sub>2</sub>を形成、(14)n側電極部分をフォトリソグラフィーでパターニング(15)Alを蒸着、(16)リフトオフを行い、n側電極以外のAlを除去、(17)レジストを除去、(18)電極のシンター、(19)p側電極のフォトリソグラフィー、(20)p側電極部分のSiO<sub>2</sub>を除去、(21)Au/Niを蒸着、(22)リフトオフでn側電極以外のAu/Ni及びレジストを除去する。

【0024】以上の工程により、図1(a)のp型Au/Ni電流拡散層13、p型Au/Ni電極14、n側Al電極15、SiO<sub>2</sub>保護膜16が形成される。

【0025】ウエハー加工工程は図3に示すように次の手順に従って行う。(1)電極形成後のエピタキシャル層が形成されたウエハーの全面にレジスト塗布、(2)ベーク炉で硬化、(3)ステッキワックスを硝子板に塗布、(4)エピウエハーの表面側を貼付、(5)基板側をダイヤモンドパウダーにて研磨を行う。エピウエハーの研磨後は、ステッキワックスを溶かしてエピウエハー表面のステッキワックス及びレジストを除去する。

【0026】次に(6)エピウエハーの基板側を粘着シートに貼り付け、(7)スクライバーによって、エピ側をチップサイズに溝を掘る。そして(8)粘着シートをエピウエハーのエピ側に貼り、今度はエピ表面につけた溝に沿って基板側にも溝を掘る。この際、ダイシングソーを利用し、(9)最後にチップ分離を行う。

【0027】図4に示すように、(1)分離したチップを真空ピンセットで取り、Agペーストでリードフレームに装着する。この際、リードフレームには反射鏡を設けることが望ましい。

【0028】ここでAgペーストを硬化させる。次に(3)樹脂モールドを行い、樹脂を硬化させる。そして(4)リードフレームを分離し、半田付けしてLEDが完成する。

【0029】この白色発光素子は単品では白色点光源として利用できる。また、複数の白色LEDを組み合わせれば家庭用あるいは屋外用照明といった光源にも利用でき、その用途は幅広い。

【0030】実際LED製造に至るまでの結晶成長工程、電極工程、加工工程、組立工程の工程も容易である。GaN青色LEDの組立工程では、ダイシング後のLEDチップのリードフレームへのマウントは、通常電極側が天面で片方の電極にワイヤーを張る方式でなので、ワイヤー切れも少ない。

【0031】（実施の形態2）基板にSiC結晶を用いた場合は、結晶成長は図1(b)のように、n型SiC基板1'上に、n型AlNバッファ層2'で始まり、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層3、n型GaNガイド層4、アンドープIn<sub>0.2</sub>

10

20

30

40

50

6Ga0.74N活性層5、アンドープGaNバリア層6、アンドープIn0.46Ga0.54N活性層7、アンドープGaNバリア層8、アンドープIn0.89Ga0.11N活性層9、p型GaNガイド層10、p型Al0.1Ga0.9Nクラッド層11、p型GaNコンタクト層12を成長する。

【0032】電極工程は図2の(1)から(5)までを行う。p側にレジストを全面塗布して基板裏面の電極パターンを形成した後、p側のレジストを除去する。エピタキミウエハは図3の(6)から(9)までを行い、図5の(3)に示すような組立を行う。

【0033】図5の(2)にLEDチップの反射鏡を示す。大抵のLEDではこの反射鏡内部は樹脂で埋め尽くされる。樹脂にはBr、Cl<sub>2</sub>等が含まれており、かつ水分も透過するので、電極の酸化防止のため、反射鏡内部を樹脂の代わりにゾルゲルのSiO<sub>2</sub>で埋め尽くして硬化させた。ゾルゲルSiO<sub>2</sub>は透明かつ電極酸化の原因となる不純物がないため、LEDの信頼性の向上が可能である。

#### 【0034】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば白色発光素子において、LED素子の結晶性を向上させ、均一な白色光を効率よく取り出すことができ、電極の酸化を抑制して白色発光素子の信頼性を向上させることができる。

【0035】こうして白色発光素子は、1チップのみで高輝度かつ高信頼性の白色光源を実現する。また、発光層である3層のInGa<sub>0.11</sub>N層は、単独ではそれぞれ青、緑、赤の発光を有するが、基板側またはエピ側から光を得る時、これらの発光の混色によって均一な白色光となる。従って、この白色光源用発光素子を複数個組み合わせることで信頼性の高い家庭用照明あるいは屋外用照明として使用可能である。発光素子単品では、白色の点光源と

しても利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の白色LEDの素子の構造を示す図

【図2】本発明の実施例に係わる白色LED素子の電極プロセスを示す図

【図3】本発明の実施例に係わる白色LED素子の基板研磨工程、白色LED素子のチップ加工工程を示す図

【図4】本発明の実施例に係わる白色LEDの組立を示す図

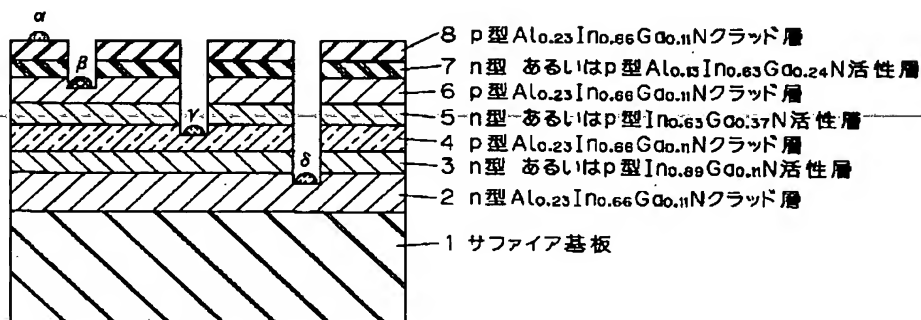
【図5】本発明の実施例に係わる白色LED素子のマウント法を示す図

【図6】従来の発光素子の構造断面図

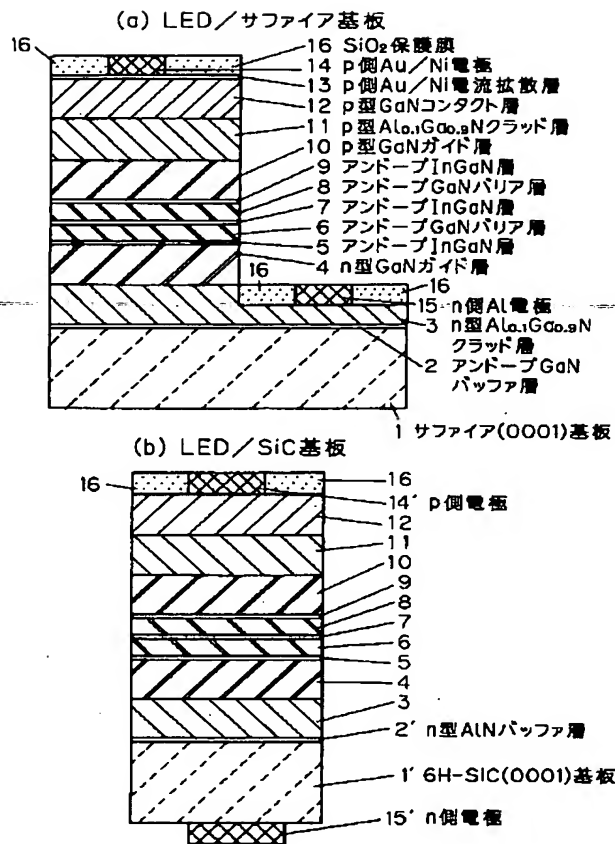
【符号の説明】

- 1 サファイア(0001)基板
- 2 アンドープGaNバッファ層
- 3 n型Al0.1Ga0.9Nクラッド層
- 4 n型GaNガイド層
- 5 アンドープInGa<sub>0.11</sub>N層
- 6 アンドープGaNバリア層
- 7 アンドープInGa<sub>0.11</sub>N層
- 8 アンドープGaNバリア層
- 9 アンドープInGa<sub>0.11</sub>N層
- 10 p型GaNガイド層
- 11 p型Al0.1Ga0.9Nクラッド層
- 12 p型GaNコンタクト層
- 13 p型Au/Ni電流拡散電極
- 14 p型Au/Ni電極
- 15 n型Al電極
- 16 SiO<sub>2</sub>保護膜

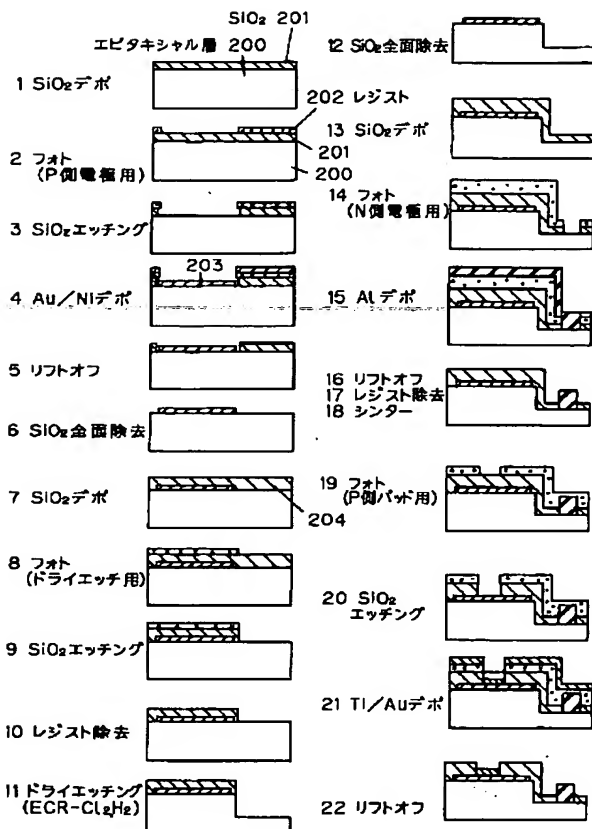
【図6】



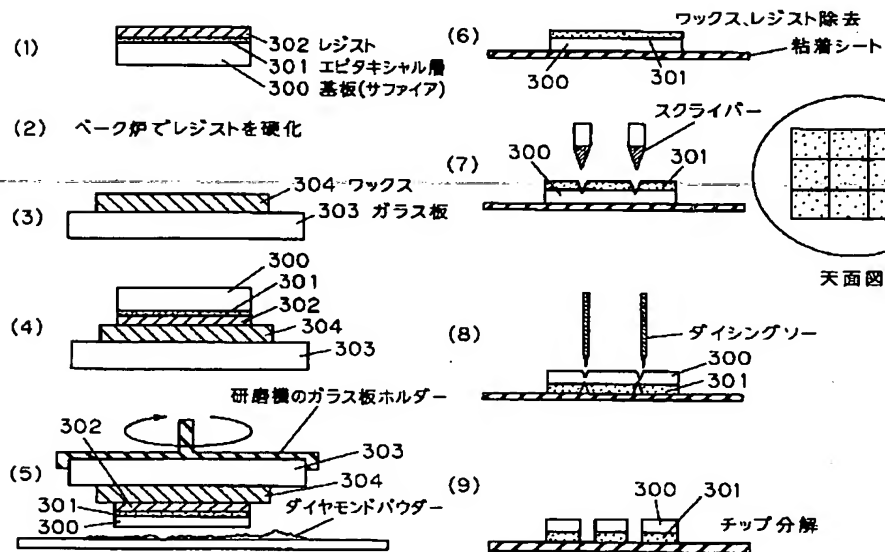
【図 1】



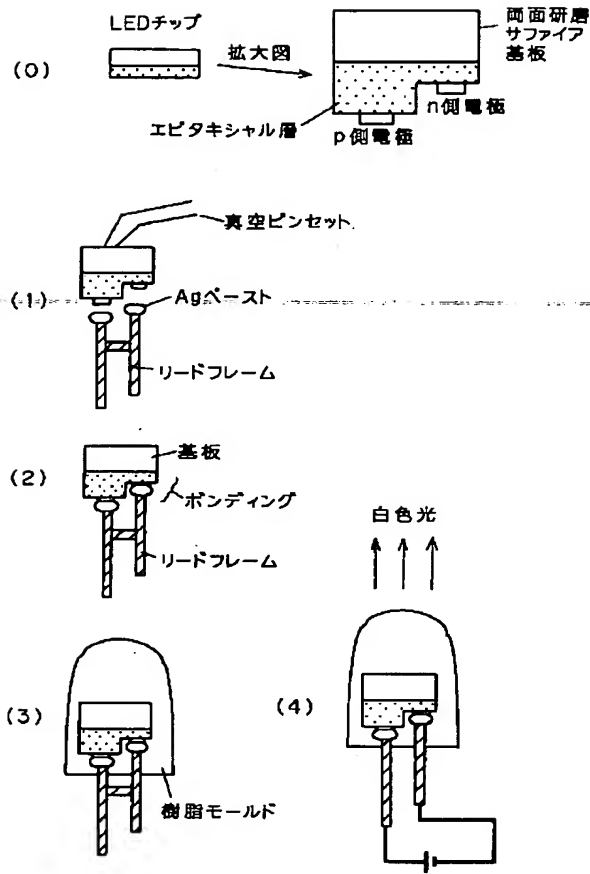
【図 2】



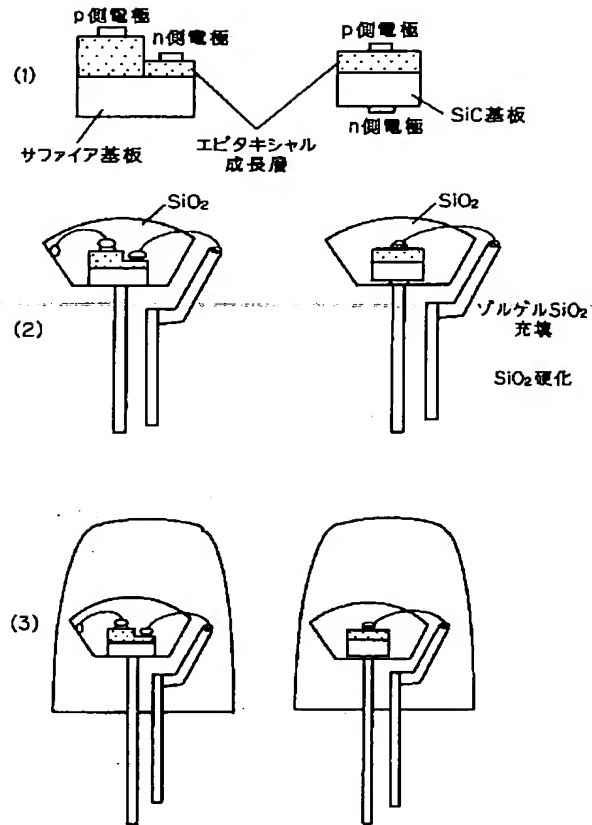
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72) 発明者 石橋 明彦  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内